

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”**

## **ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ НАПЛАВЛЕННЯ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до виконання курсової проекту  
для студентів напрямку підготовки 6.050504 «Зварювання»**

*Затверджено Методичною радою ЗФ НТУУ «КПІ»*

Київ  
2013 р.

Методичні вказівки до курсового проекту з дисципліни "Технологія та обладнання для наплавлення" для студентів напрямку підготовки 6.050504 "Зварювання" /Укл. В.Д. Кузнецов, Д.В. Степанов. - К.: НТУУ "КПІ" 2013. - 35 с.

Гриф надано Методичною радою  
ЗФ НТУУ «КПІ» (Протокол № 7 від 18.03.2013)

Навчальне видання  
**ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ НАПЛАВЛЕННЯ**  
Методичні вказівки  
до виконання курсового проекту  
для студентів напрямку підготовки 6.050504 «Зварювання»

Укладачі: Кузнецов Валерій Дмитрович, д.т.н., проф

Степанов Денис Володимирович, асистент

Відповідальний редактор І.В. Смирнов

Рецензент: Жданов Л.А. к.т.н., доц..

## Зміст

1. Загальні положення .....	4
1.1 Тема та вихідні дані до проектування .....	4
1.2 Документи курсового проекту та їх позначення .....	4
1.3 Зміст та оформлення пояснювальної записки .....	4
1.4 Зміст та оформлення графічної документації.....	5
2. Вказівки до самостійної роботи над курсовим проектом .....	6
2.1 Вступ.....	6
2.2 Обґрунтування вибору установки .....	6
2.3 Технічний опис установки.....	6
2.4 Розрахунок пристроїв установки .....	6
2.5 Технологічна частина .....	6
3. Методика розрахунків і проектування основних пристроїв установок для наплавлення .....	7
3.1 Методика розрахунку редукторного (роликового) механізму подачі дроту.....	7
3.2 Розрахунок механізму пересування апаратів .....	12
3.3 Розрахунок механізму підйому інструменту для наплавлення .....	17
4. Технологічна частина .....	19
5. Завдання на курсову роботу .....	25
Перелік посилань .....	26
Додаток А Зразок відомості технологічного проекту .....	27
Додаток Б Ескізи виробів .....	28
Додаток В Приклади загальних виглядів установок і обладнання для наплавлення.....	29
Додаток Г Приклади компоувальних схем .....	34

## **1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ**

Виконання цього курсового проекту (роботи) - етап, що завершує вивчення курсу "Технологія та обладнання для наплавлення".

Мета роботи - закріпити теоретичні знання та придбати практичні навички з конструювання обладнання, розрахунку його основних вузлів та технологічних засобів застосування.

### **1.1 Тема та вихідні дані до проектування**

Тема курсового проекту (роботи) - проектування установки для одного із способів наплавлення.

Вихідні дані до проектування: масогабаритні характеристики виробу, матеріал виробу, умови спрацювання.

Завдання на проектування кожний студент отримує на бланку встановленого зразка протягом першого навчального тижня семестру.

### **1.2 Документи курсового проекту та їх позначення**

Проект повинен вмішувати:

- 1) пояснювальну записку;
- 2) графічну частину проекту (чотири аркуші формату А1);
- 3) відомість технічного проекту (додаток А, ГОСТ 2.106-88).

Структура позначення основного конструкторського документу (специфікації): ЗП14.25.04.000, де ЗП14-- номер академічної групи студента; 25 - дві останні цифри номера залікової книжки студента; 04 - номер варіанту індивідуального завдання, 000 - порядковий номер креслення. В першу чергу номери надаються складальному кресленню, далі нумеруються складальні одиниці, деталі загального виду, деталі складальних одиниць із збереженням скрізної нумерації.

Наприклад:

ЗП14.25.04.000 СК - складальне креслення

ЗП14.25.04.001 СК - складальні одиниці

ЗП14.25.04.002 СК - складальні одиниці

ЗП14.25.04.003, ..., ЗП 14.25.04.006 - деталі загального виду

ЗП14.25.04.007, ЗП14.25.04.008 і т.д. - деталі складальних одиниць.

### **1.3 Зміст та оформлення пояснювальної записки**

Пояснювальну записку оформлюють з урахуванням вимог ГОСТ 2.105-79. Рукописний текст записки подають з одного боку аркушів формату А4. Відстань від рамки до початку і кінця строки - не менш, як 5 мм, до верхньої чи нижньої строки - не менш, як 10 мм.

Пояснювальна записка до курсового проекту повинна вмішувати:

- 1) зміст;

- 2) завдання на проектування, затверджене керівником проекту;
- 3) вступ;
- 4) обґрунтування вибору установки;
- 5) технічний опис установки;
- 6) розрахунок пристроїв установки;
- 7) технологічна частина;
- 8) перелік посилань;
- 9) додатки.

Розмір пояснювальної записки довільний. У додаток необхідно занести специфікації до креслень.

#### **1.4 Зміст та оформлення графічної документації**

Обсяг графічної частини курсового проекту - чотири аркуші формату А1, у межах яких можливе виконання креслень вузлів і деталей на аркушах формату А2 та А3, а також додаткових форматів, створених за допомогою кратного збільшення менших сторін основних форматів. Обсяг графічної частини курсової роботи - два аркуші формату А1, у межах яких також можливо виконання креслень меншого формату.

Проектом передбачено виконання креслень наступного змісту:

- 1) аркуш №1 - креслення загального вигляду установки
- 2) аркуші №2,3,4 - складальні креслення виконуючого обладнання та його пристроїв (механізми подачі дроту, механізми переміщення, вібратори, пальники та ін.).

## **2 ВКАЗІВКИ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ НАД КУРСОВИМ ПРОЕКТОМ**

### **2.1 Вступ**

У вступі слід викласти актуальність використання установок для автоматичного наплавлення виробів, характеристику виробу, вказати доцільний варіант складу пристроїв спроектованої установки, навести результати визначення потужності приводів та дані щодо вибору способу наплавлення, матеріалів і режимів.

### **2.2 Обґрунтування вибору установки**

Перед усім необхідно описати технологічні особливості наплавлення даного виробу та проаналізувати типове основне і допоміжне обладнання, обґрунтувати доцільність використання певних пристроїв установки для наплавлення конкретного виробу.

### **2.3 Технічний опис установки**

У даному розділі необхідно описати будову спроектованої установки і окремих її частин, а також основні принципи роботи установки, навести посилання на креслення.

### **2.4 Розрахунок пристроїв установки**

У пояснювальній записці наводять розрахункові схеми пристроїв постачання електродного матеріалу з поясненням принципу його дії та описом взаємодії деталей і вузлів, а також розрахунок потужності приводу або інші розрахунки пристроїв установки.

В залежності від призначення установки, діаметру та матеріалу дроту можуть застосовуватись різні типи механізмів постачання, наприклад, редукторні, планетарного типу, імпульсні та ін.

### **2.5 Технологічна частина**

У даному розділі надається аналіз можливих способів наплавлення і обґрунтовується вибір раціонального. Наводиться схема способу і описуються його особливості. Розглядається послідовність нанесення валиків і обговорюються умови взаємного переміщення пристроїв установки відносно виробу. За результатами аналізу умов спрацьовування визначаються матеріали для наплавлення і відповідно до обраного способу основні параметри і режими процесу.

### 3 МЕТОДИКА РОЗРАХУНКІВ І ПРОЕКТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПРИСТРОЇВ УСТАНОВОК ДЛЯ НАПЛАВЛЕННЯ

#### 3.1 Методика розрахунку редукторного (роликового) механізму подачі дроту

Конструктивно механізм подачі електродного дроту являє собою циліндричний редуктор, на одному або на двох вихідних валах якого встановлюються ведучі ролики для постачання дроту. Редуктор приводиться до обертання двигуном постійного або змінного струму. На лицьовому боці редуктора розмішена система роликів для подачі дроту. Верхні ролики є притискувачами. Притискування їх до ведучих роликів здійснюється спіральними пружинами, сила притиску яких регулюється, а відпускання (підйом) роликів при заправці електродного дроту - поверненням маховичків, які закріплені на ексцентрикових валиках.

На задній стінці, під кожухом, знаходяться блоки шестерень для перемикання швидкості обертання ведучих роликів.

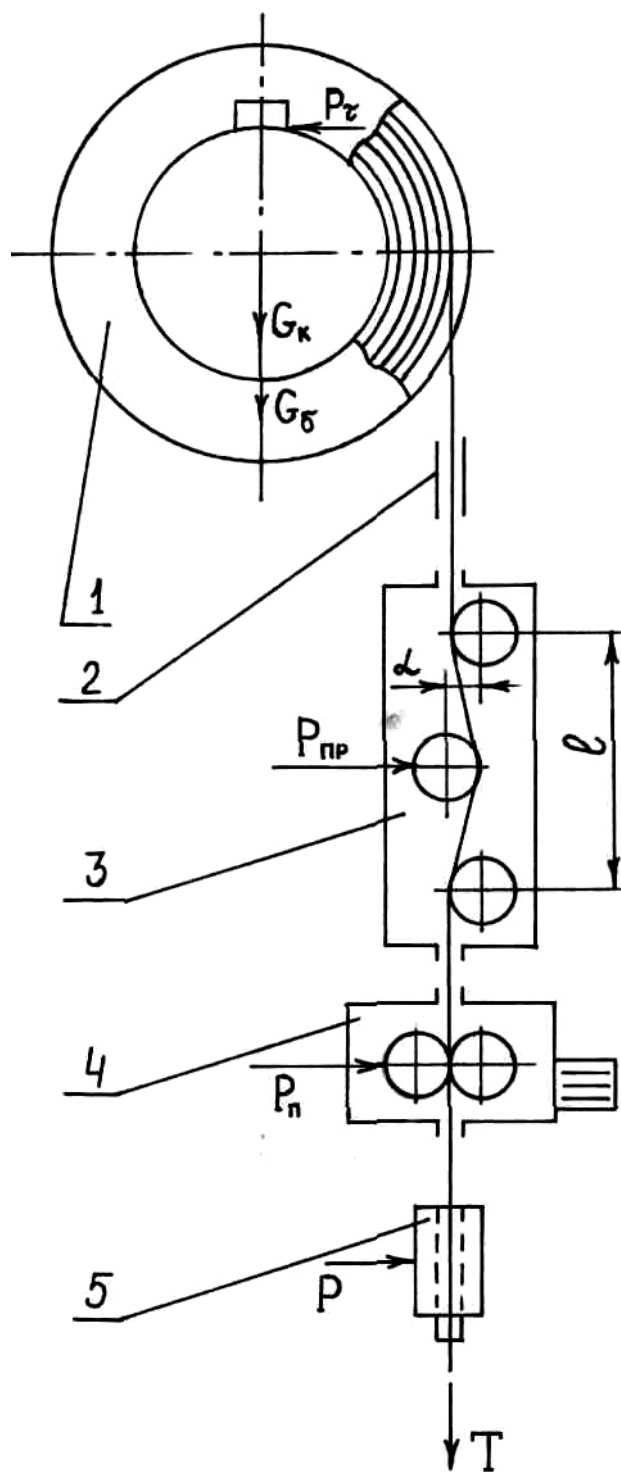
Вихідні дані для розрахунку:

- діапазон зміни зварювального струму ( $I_{\min} \dots I_{\max}$ , А);
- діапазон зміни діаметру електроду, або розміру стрічки ( $d_{\min} \dots d_{\max}$ , мм або  $(bh)_{\min} \dots (bh)_{\max}$ );
- густина матеріалу електрода ( $\gamma_e$ , кг/м<sup>3</sup>);
- спосіб наплавлення.

Примітка: при застосуванні стрічки визначаються діапазони змін її лінійних розмірів.

Мета розрахунку - визначити потужність приводу механізму на підставі обраної схеми компоновки і розмірів основних його конструктивних елементів.

Потужність приводу подачі витрачається на переборення реальних опорів на шляху руху дроту, що визначається наявністю в обраній схемі тих чи інших вузлів та ділянок проходження дроту. У загальному випадку схема діючих зусиль при розрахунку роликових механізмів постачання зображена на рис 3.1.



1 - касета з бухтою дроту; 2 - направляючі; 3 - правильний механізм; 4 - вузол подачі; 5 - мундштук струмопідводу

Рисунок 3.1 - Схема дії зусиль при розрахунку роликового механізму подачі електродного дроту



У загальному випадку потужність приводу постачання електроду, Вт:

$$N = \frac{TV_e n_e}{\eta_m \eta_p} K_H \quad (3.1.1)$$

де  $T$  - тягове зусилля роликового механізму подачі, Н;  $V_e$  - найбільша швидкість подачі електродного дроту, м/с;  $n_e$  - кількість електродів;  $\eta_m, \eta_p$  - ККД відповідно роликового механізму і редуктора приводу;  $K_H$  - коефіцієнт надійності подачі,  $K_H = 1,5 \dots 2$ .

За вказаним у завданні значенням струму наплавлення, діаметром електродного дроту, матеріалом дроту і способом наплавлення визначають відповідно максимальну та мінімальну швидкості подачі електроду, м/с:

$$V_{e \max} = \frac{4\alpha_p I_{\max}}{\pi d_{e \min}^2 \gamma_e} \quad (3.1.2)$$

$$V_{e \min} = \frac{4\alpha_p I_{\min}}{\pi d_{e \max}^2 \gamma_e} \quad (3.1.3)$$

де  $\alpha_p$  - коефіцієнт розплавлення,  $\alpha_p = (13 \dots 25) \text{ кг/А} \cdot \text{год}$ ,  $d_e$  - діаметр електродного дроту, м;  $\gamma_e$  - щільність електродного матеріалу,  $\text{кг/м}^3$ ,  $\gamma_e = 6000 \text{ кг/м}^3$  для порошкових матеріалів, та  $7800 \text{ кг/м}^3$  для суцільних

Для стрічки значення швидкості подачі матеріалу визначаються за допомогою формул:

$$V_{e \max} = \frac{\alpha_p I_{\max}}{(bh)_{e \min} \gamma_e} \quad (3.1.4)$$

$$V_{e \min} = \frac{\alpha_p I_{\min}}{(bh)_{e \max} \gamma_e} \quad (3.1.5)$$

Значення  $\alpha_p$  для стрічки коливаються в межах  $(4 \dots 6) \text{ г/А} \cdot \text{год}$ ,  $b$  та  $h$  - ширина та товщина стрічки відповідно

Значення швидкості подачі дозволяють визначити відповідно максимальну, мінімальну і середню частоту обертання ведучого ролика, рад/с:

$$\omega_{p \max} = \frac{2V_{e \max}}{d_p} \quad (3.1.6)$$

$$\omega_{e \min} = \frac{2V_{e \min}}{d_p} \quad (3.1.7)$$

$$\omega_{pcp} = \omega_{pmin} \sqrt{\frac{\omega_{pmax}}{\omega_{pmin}}} \quad (3.1.8)$$

де  $d_p$  - діаметр ролика, який подає дріт, м (з конструктивних міркувань обирають у межах 0,03... 0,08 м).

Знаючи значення  $\omega_p$  розраховують передаточне число редуктора механізму подачі, попередньо прийнявши частоту обертання двигуна ( $\omega_d$ ). Для двигунів змінного струму  $\omega_d = 150$  рад/с:

$$i_{max} = \frac{\omega_d}{\omega_{min}} \quad (3.1.9)$$

$$i_{min} = \frac{\omega_d}{\omega_{max}} \quad (3.1.10)$$

$$i_{cp} = \frac{\omega_d}{\omega_{cp}} \quad (3.1.11)$$

За знайденими передаточними числами складають схему компоновки редуктора, за якою визначають його ККД ( $\eta_p$ ) як добуток ККД усіх кінематичних пар ( $\eta_i$ ), що входять до складу редуктора. Потім значення  $\eta_p$  підставляється у вираз (3.1.1).

Для визначення тягового зусилля механізму постачання  $T$ , необхідно знати опір проходженню дроту на всіх ділянках його руху. При цьому тягове зусилля має бути не меншим:

$$T \geq T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 \quad (3.1.12)$$

де  $T_1$  - опір змотуванню дроту з касети, Н;  $T_2$  - опір проходженню дроту скрізь напрямні, Н;  $T_3$  - опір проходженню дроту крізь правильний механізм;  $T_4$  - опір проходженню дроту крізь вузол постачання, Н;  $T_5$  - опір проходженню дроту крізь мундштук, Н.

Значення гальмуючої сили  $T_1$  може змінюватись у межах 10...20 Н.

Опір проходженню дроту крізь напрямні при їх вільному закріпленні незначний. При жорсткому закріпленні цей опір залежить від довжини та кривизни напрямних. Звичайно значення  $T_2$  обирають у межах 30... 60 Н.

Опір проходженню дроту крізь правильний механізм, Н:

$$T_3 = \frac{0,24d_e \sigma_T}{l} \left( \frac{\sin 2\alpha(n-2)}{\cos \alpha} + 2nK_e \frac{\mu d + 2f}{D} \right), \quad (3.1.13)$$

де  $d_e$  - діаметр дроту, м;  $\sigma_T$  - межа течії матеріалу дроту, МПа;  $l$  - відстань між правильними роликами, м;  $\alpha$  - кут між віссю правильного механізму та напрямком прикладання сили тяги;  $n$  - кількість роликів;  $K_e$  - коефіцієнт тертя канавки ролика об дріт, приймають 1,2...2;  $\mu$  - коефіцієнт тертя в підшипнику, приймають  $\mu = 0,02 \dots 0,05$ ;  $d$  - середній діаметр підшипника кочення, обирають  $d = 0,01 \dots 0,02$  м;  $f$  - коефіцієнт тертя кочення ролика по дроту, приймають  $f = 0,005 \dots 0,01$ ;  $D = 0,02 \dots 0,04$  м.

Кут  $\alpha$  визначають через співвідношення:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2a}{l} \quad (3.1.13)$$

де  $a$  - величина прогину дроту, м; приймають  $a = (3 \dots 5) 10^{-3}$  м при діаметрі дроту 2 мм та  $l = (20 \dots 80) 10^{-3}$  м;  $a = (1,5 \dots 4) 10^{-3}$  м при діаметрі дроту 5 мм та  $l = (50 \dots 120) 10^{-3}$  м.

Втрати у роликовому вузлі постачання складаються з опору сил тертя кочення роликів по дроту та опору в підшипниках ролика, який притискується, Н:

$$T_4 = P_n \left( \frac{f_1 d + 2f_2}{D_x} n_x + \frac{2f_2}{D_e} n_e \right) K_1 K_2, \quad (3.1.14)$$

де  $P_n$  - зусилля притиску дроту, Н;  $f_1$  - коефіцієнт тертя у підшипнику притискного ролика, приймають  $f_1 = 0,02 \dots 0,05$ ;  $d$  - середній діаметр підшипника, м, приймають  $d = (10 \dots 30) 10^{-3}$  м;  $f_2$  - коефіцієнт тертя кочення ролика по дроту, приймають  $f_2 = 0,005 \dots 0,010$ ;  $D_x$  - діаметр притискного ролика, м;  $D_B$  - діаметр ведучого ролика, м;  $n_x$  - число холостих притискних роликів;  $n_B$  - число ведучих роликів;  $K_1$  - коефіцієнт, що враховує додаткові опори, які залежать від типу роликів, приймають  $K_1 = 1,2 \dots 1,5$ ;  $K_2$  - коефіцієнт, що враховує точність виготовлення, приймають  $K_2 = 1, \dots 1,5$ . Рекомендований діаметр дроту  $(3 \dots 5) 10^{-3}$  м.

В залежності від конструкції роликів зусилля притиску дроту для забезпечення надійного постачання приймають  $P_n = 600 \dots 1400$  Н. Для стрічки

значення  $P_n$  беруть в 4 рази більшим ніж для дроту.

Опір проходженню дроту крізь струмопідвідний мундштук залежить від його конструкції, матеріалу та стану струмопідвідних поверхонь, зусилля притискання у місці контакту. У випадку роликового струмопідвідного мундштука цей опір визначається аналогічно  $T_4$ , Н:

$$T_5 = KP\mu \quad (3.1.15)$$

де  $K$  - коефіцієнт, що враховує нестабільність поверхні струмопідвідних контактів через часткове приварювання дроту, попадання бризок та ін., приймають  $K = 1,5 \dots 2$ ;  $\mu$  - коефіцієнт тертя між дротом і контактом, для бронзових сплавів  $\mu = 0,12 \dots 0,23$ , для латунних  $\mu = 0,4 \dots 0,7$ ,  $P$  - зусилля затиску дроту в струмопідвідному контакті, Н; приймають  $P = 50 \dots 200$  Н.

ККД роликового механізму визначається як співвідношення ефективного зусилля постачання до теоретичного:

$$\eta_M = \frac{T - T_4}{T} 100\% \quad (3.1.16)$$

Таким чином, підставляючи у вираз (3.1.1) отримані величини визначають необхідну потужність двигуна  $N$ .

Діаметри осей та валів призначають з конструктивних міркувань, а потім перевіряють їх, використовуючи загальні методи розрахунку деталей машин.

### 3.2 Розрахунок механізму пересування апаратів

Механізми руху використовують для переміщення джерела теплоти за заданою траєкторією з необхідною швидкістю. За однією методикою виконують розрахунок механізмів руху для підвісних головок; іншу методику використовують при розрахунку механізмів руху апаратів тракторного типу.

Вихідні дані для розрахунку:

- обрана конструктивна схема апарату;
- вага апарату;
- положення центру тяжіння при обраній конструктивній схемі.

Мета розрахунку — визначити потужність приводу механізму пересування і розміри основних конструктивних елементів у прийнятій схемі компоновки.

Потужність приводу, Вт:

$$N = \frac{W_{np} V}{\eta} \quad (3.2.1)$$

де  $W_{np}$  - опір пересуванню апарату при розгоні, Н;  $V$ - швидкість пересування апарату, м/с: приймають значення маршової швидкості або верхню межу робочої;  $\eta$ - ККД механізму, що визначається як добуток усіх кінематичних пар у прийнятій компоновальній схемі.

Опір пересування у період розгону:

$$W_{np} = W_H + Ga \quad (3.2.2)$$

де  $a$  - можливе прискорення м/с ; визначається характеристикою двигуна, і приймається рівним 0,001 м/с

Опір пересуванню  $W_n$  являє собою суму опорів пересування всіх ходових коліс та опорних роликів візка, у загальному випадку, які мають різні значення величин, що входять до формули:

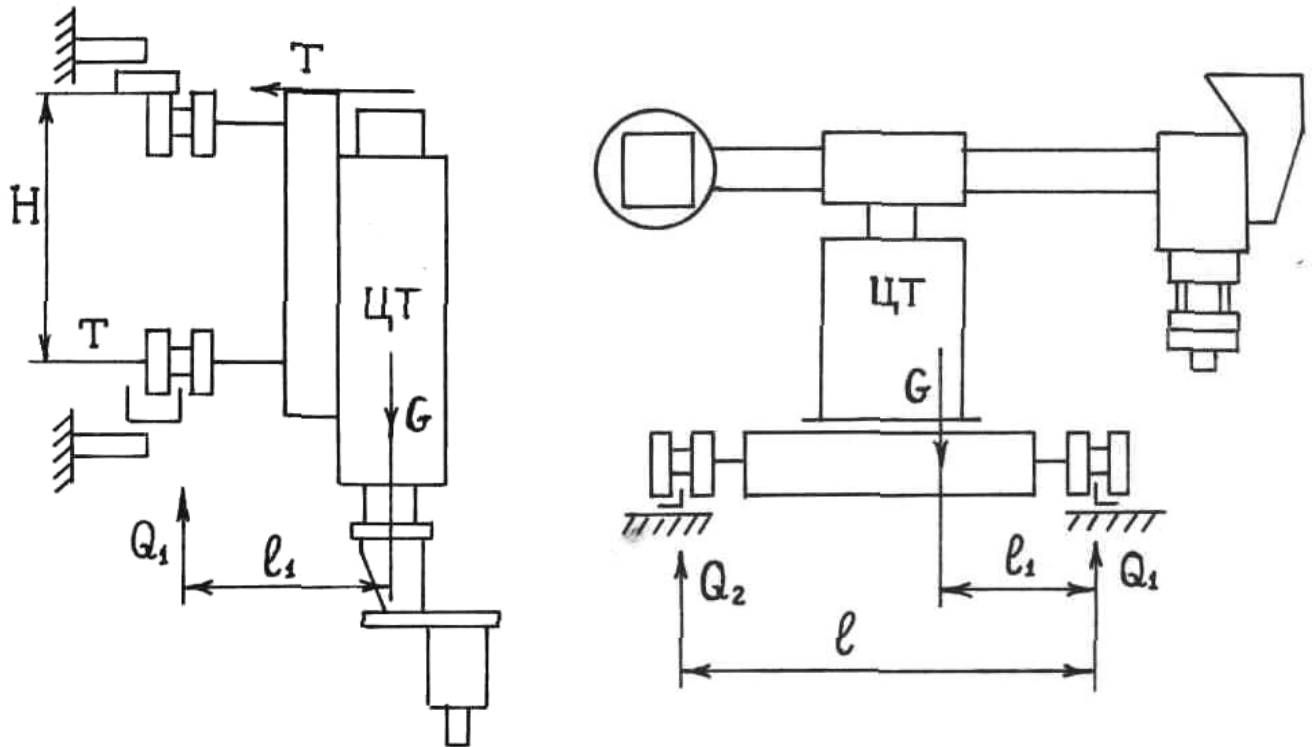
$$W_n = K_p \sum_{i=1}^n (Q_k \frac{f_n d_{\text{в}} + 2\mu_k}{D_k}) = GK_{\text{пр}} + TK_{\text{пр}} \frac{f d_{\text{в}} + 2}{D_k} \quad (3.2.3)$$

де  $K_p$  - коефіцієнт, що враховує опір тертя ребер по рейкам,  $K_p=2.5$ ;  $Q_k$  - навантаження на дане колесо, Н;  $f_n$  - коефіцієнт тертя у підшипниках цього колеса (для підшипників ковзання  $f_n=0.1$ , для кулькових та роликових підшипників  $f_n=0.015$ );  $d_{\text{в}}$  - діаметр валу або вісі у місці посадки підшипників, м;  $\mu_k$  - коефіцієнт тертя кочення колеса: для сталених коліс діаметром 50... 150 мм з циліндричним ободом  $\mu_k=0.01$ , зі сферичним ободом  $\mu_k=0.02$ ;  $D_k$  - діаметр колеса, м, для підвісного апарату  $D_k=100...200$  мм для нижнього колеса, та 50...100 мм для верхнього.  $d_{\text{в}} = 20...35$  мм, для нижнього колеса, 15...25 мм – для верхнього.

Для трактора  $D_k=80...140$  мм,  $d_{\text{в}} = 15...25$  мм

Навантаження на ходові колеса визначають виходячи з маси  $G$  апарату та положення центру тяжіння мас при обраній конструктивній схемі, а саме як реакції опори.

Типові розрахункові схеми механізмів руху зображені на рис. 3.2.



*а - апаратів підвісного типу; б - апаратів тракторного типу*

Рисунок 3.2 - Розрахункові схеми механізмів переміщення апаратів для наплавлення:

Для апаратів підвісного типу:

$$T = \frac{Gl_1}{H}; Q = G \quad (3.2.4)$$

Для апаратів тракторного типу:

$$Q_1 = G \frac{l + l_1}{l}; Q_2 = G \frac{l_1}{l} \quad (3.2.5)$$

При встановленні вихідних даних необхідно дотримуватись певних рекомендацій: маса апаратів тракторного типу 40... 80 кг, підвісного типу 12... 250 кг; відстань між опорами підвісних апаратів  $H=0,5...1$  м, розмір колісної бази тракторів  $l=0,25... 0,4$  м,  $l_1=0,3...0,6$

Попередньо знайдені конструктивні розміри ходових коліс перевіряють по контактним навантаженням. Розрізняють ходові колеса з лінійним та точковим контактом.

Якщо обід ходового колеса циліндричний, а напрямні плоскі, то тиск ходового колеса на площину напрямної дорівнює значенню реакції ходового колеса:  $S_0 = 0$ .

У випадках, коли в якості напрямних використовується клиноподібна

рейка, вертикальна реакція створює нормальний тиск  $T_1$  на кожну грань рейки, Н:

$$S = \frac{Q}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}; \quad (3.2.6)$$

Якщо на ходовому колесі з клиноподібним профілем ободу діє горизонтальна опорна реакція, то ця сила створює додатковий нормальний тиск на одну з граней рейки, Н:

$$T_1 = T \cos \frac{\alpha}{2}; \quad (3.2.7)$$

У цьому випадку сумарний тиск на грань клиноподібної рейки під тиском вертикальної та горизонтальної опорних реакцій:

$$S_0 = S + T_1 = \frac{Q}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} + T \cos \frac{\alpha}{2}; \quad (3.2.8)$$

Наявність горизонтальної сили  $T$  на клиноподібну рейку потребує перевірки проти сходження ходового колеса з рейки. Умова надійності проти сходження:

$$\frac{Q - T \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}{T + Q \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} \geq f_{\max}, \quad (3.2.9)$$

де  $f_{\max}$  - максимально можливе значення коефіцієнту тертя (для випадку тертя сталі об сталь  $f_{\max}=0.3$ )

За знайденими контактними навантаженнями й прийнятими розмірами ходових коліс визначають контактну напругу. Ефективна напруга у точковому контакті коліс, МПа:

$$\sigma_e = K K_f \sqrt[3]{\frac{P E^3}{\tau_1^2} K_n} \leq [\sigma_e], \quad (3.2.10)$$

в лінійному контакті коліс, МПа:

$$\sigma_e = 0,167 K_f \sqrt{\frac{P E}{h r_1}} K_n \leq [\sigma_e], \quad (3.2.11)$$

де  $K_f$  - коефіцієнт, що враховує вплив тангенціальних сил тертя: приймають  $K_f=1,05 \dots 1,10$ ;  $P$  - максимальне навантаження на обід ходового колеса. В: при плоских рейках  $P=0$ , при клиноподібних рейках  $P = 8$ ,  $K_n$  коефіцієнт нерівномірності розподілення навантаження по ширині рейки: для коліс з точковим контактом  $K_n=1.1$ , з лінійним  $K_n=1.2$ ;  $E$  - наведений модуль пружності:  $E = 2E_1 \times E_2 \div (E_1 + E_2)$  де  $E_1, E_2$  - модулі пружності матеріалу відповідно ободу колеса та головки рейки.

Коефіцієнт  $K$  залежить від співвідношення  $r_2/r_1$  де  $r_1$  - більший серед радіусів  $r_1, r_2$  і  $r_2$  відповідно, менший з них:

Таблиця 3.1 Значення коефіцієнта  $K$  залежно від  $r_2/r_1$

$r_2 / r_1$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$K$	0,280	0,190	0,145	0,130	0,119	0,111	0,105	0,099	0,095	0,090

Припустимо значення контактної напруги обирають в залежності від твердості НВ ободу колеса:  $[\sigma] = (0,15 \dots 0,2) \text{ НВ}$ , кгс/мм<sup>2</sup>. Твердість поверхні ободу колеса повинна мати значення не менше 240 МПа (24 кгс/ мм ).

Запас зчеплення коліс з рейками перевіряється для випадку, коли ведучі колеса мають найменше навантаження (мінімальні вилети консолей, порожні бункери для флюсу, порожні котушки).

Умова зчеплення за рухом апарата, що встановився:

$$K_{зч} = \frac{\phi Q_{\min}}{W_m} \geq 2 \quad (3.2.12)$$

де  $\phi$  - коефіцієнт зчеплення ходового колеса з рейкою: для сталевих коліс  $\phi=0.15$ , для коліс гумовим покриттям,  $\phi=0.3$ ,  $Q_{\min}$  - найменший сумарний тиск ведучих коліс на рейку, Н.

Умова зчеплення за рухом, який не встановився (в період розгону):

$$K_{зч.p} = \frac{\phi Q_{\min}}{W_m + Ga} \quad (3.2.13)$$

де  $G$  - вага візка;  $a$  - можливе прискорення.





Тоді:

$$W_n = T \frac{f_p d + 2\mu_k}{D_k} K_p = G K_p \frac{(L+l)(f_p d + 2\mu_k)}{h D_p}, \quad (3.3.4)$$

де  $f_p$  - коефіцієнт тертя в підшипниках роликів;  $\mu_k$  - коефіцієнт тертя кочення;  $K_p$  - коефіцієнт, що враховує тертя в ребордах роликів або втрати від ковзання по клиноподібних напрямних, приймають  $K_p = 1,5 \dots 2$ .

Необхідне зусилля підймання, Н:

$$P = G \left( 1 + \frac{2K_p (L+l)(f_p d_s + 2\mu_k)}{h D_p} \right), \quad (3.3.5)$$

де  $d_b$  - діаметр вісі ролика в підшипниках, м;  $D_p$  - діаметр ролика, м;  $h$  - розмір бази каретки, м.

Якщо замість роликів використовуються опори ковзання, то:

$$P = G \left( 1 + \frac{2(L+l)}{h} f_o \right), \quad (3.3.6)$$

де  $f_o$  - коефіцієнт тертя ковзання в опорах,  $f_o = 0.1$

При напрямних, які ковзають, та порівняно великому вильоті консолі може виникнути небезпека заїдання вертикальної гільзи на стояку. Умова надійності проти заїдання гільзи при її підйманні:

$$\frac{h}{L+l} \geq 2f_o K_z, \quad (3.3.7)$$

де  $K_z$  - коефіцієнт запасу,  $K_z = 1,5$ .

Умова надійності дійсна для кареток і з роликівими напрямними. В цьому випадку у формулу замість  $f_o$  потрібно підставити наведений коефіцієнт тертя:

$$\frac{(f_p d + 2\mu_k)}{D_p}; \quad (3.3.8)$$

Якщо ролики змонтовані на кулькових підшипниках, то цей коефіцієнт настільки малий, що заїдання виключається.

## 4 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Наплавлення дає можливість отримувати на поверхні деталей шар наплавленого металу потрібної товщини та хімічного складу, високої твердості та зносостійкості. З найпоширених способів дугового наплавлення можна виділити наплавлення під шаром флюсу, в захисних газах, порошковим дротом, вібродугове наплавлення, та ін.

Автоматичне наплавлення під шаром флюсу - найбільш поширений і вивчений процес. Наплавлення під флюсом є ефективним процесом при виготовленні біметалічних деталей, і відновленні зношених. Найбільше розповсюдження воно отримало при виготовленні, зміцненні та відновленні крупних деталей в металургійній промисловості, де потрібно наплавити з високою продуктивністю велику кількість металу високої якості.

Застосовується для виготовлення і відновлення практично усіх різновидів валиків роликів рольгангів, кранових коліс, плунжерів, оправок, та ін. Наплавленням під шаром флюсу, як правило, наплавляють шар металу від 3 мм і вище, достатньо однорідного за своїм хімічним складом з мінімальною кількістю металургійних дефектів.

При наплавленні тіл обертання зварювальний інструмент потрібен бути здвигнутий відносно вісі деталі на відстань 10...50 мм в бік, протилежний обертанню деталі. Для деталей малого діаметра застосовують наплавлення по гвинтовій лінії; більш габаритні деталі, як правило, наплавляють кільцевими валиками. Колова швидкість при наплавні одним електродом приймається в межах 10... 60 м/г. Чим менший діаметр, тим меншу слід обирати швидкість обертання.

Оптимальні значення діапазонів струму для деталей різних розмірів в залежності від діаметру електродного дроту при наплавні одним електродом наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 Режими наплавлення під шаром флюсу.

Діаметр деталі, мм	Струм, А при наплавні дротом, мм		Швидкість переміщення
	3...3.5	4...5	
50...200	270...340	—	15...28
200...400	310...390	400... 520	25...41
400... 600	380...460	480...600	34...47
600...800	420... 500	560...670	41...52
800...1000	—	620...710	45...54

Для наплавлення використовують сплави різноманітного складу. Зносостійкі наплавочні сплави за характером утворюваної структури поділяють

на наступні групи: 1 - матеріали, які містять невелику кількість легуючих елементів з мартенситною або проміжною структурою, 2 - матеріали з аустенітною структурою, 3 - матеріали з в'язкою основою і карбідними включеннями, 4 - мартенситно-старіючі сталі та 5 - матеріали додатково леговані бором.

Групи матеріалів, які застосовуються при наплавленні зносостійких покриттів наведено в табл. 4.2

Таблиця 4.2 Матеріали для зносостійких покриттів

№	Група	Приклади сплавів	Твердість після наплавлення	Твердість після наклепу
1	Нелеговані та низьколеговані матеріали	Св-08Г, 15Г2С, 15Г2Х, 15ХГ2С, 25Х3,	160..400НВ	-
2	Низьковуглецеві високолеговані сталі	Нп-110Г13, Нп-30Х10Г10, У15Х25Г2Н4С	200..250НВ	450..500НВ
	Високомарганцеві аустенітні сталі	Нп-Г13А	220..280 НВ	450..550НВ
3	Середньо- і високолеговані високовуглецеві сталі та чавуни	У40Х20Г2С, У35Х14Г5С2, У55Х12Г10С, У35Х7Г5С,	480..620 НВ	
4	Мартенсито-старіючі сплави	25Х5ФМС, 35В9Х3СФ,	350..400 НВ	
5	Матеріали, додатково леговані бором	У35Х20Г2РЗ, У14Х20Р, У17Х20Р, У12ХЗР,	56..63 НК.С	

Для наплавлення деталей, працюючих в умовах тертя металу о метал застосовують матеріали першої групи. Деталі та інструмент, працюючі при нормальній температурі в умовах абразивного зношування наплавляють матеріалами груп 3 і 5. Для деталей, які працюють на термічне втомлення і абразивне зношування при підвищених температурах застосовують групи 3 і 4. Деталі, які працюють в умовах абразивного зношування з ударними

навантаженнями зміцнюють наплавленням сплавами групи 3, а також стрічками Нп-40Х2Г2М, Нп-40Х3Г2МФ. Для умов гідроабразивного зношування, кавітації, застосовуються дроти типу Нп-30Х10Г10Т.

При відновленні деталей, коли має місце зношування за рахунок тертя при обертанні (вісі, вали, та ін.) застосовують електродні дроти Нп-25, Нп-30, Нп-35, Нп-40, Нп-45, які забезпечують твердість наплавленого металу 160..220 НВ.

Високою корозійною стійкістю в особово агресивних середовищах в сукупності з високою жаростійкістю, стійкістю до задирів при терті металу о метал відрізняються нікелеві сплави з хромом і бором (НХ10Р2, НХ13Р3, НХ15Р4) а також з молібденом. Високою жароміцністю і термічною втомленістю характеризується сплав 09Х16Н57М17В5, який наплавляють плавким електродом в аргоні або під шаром флюсу. Для деталей, які працюють в умовах термічної втомленості застосовують хромовольфрамову сталь 3Х2В8. До жароміцних сплавів, які добре опираються стиранню і окисленню відносяться кобальтові сплави з хромом і вольфрамом (КВ5Х30, КВ8Х30, КВ12Х30, КВ20Х30).

Для підвищення продуктивності наплавлення і зниження глибини проплавлення застосовують спосіб наплавлення електродною стрічкою. Режими наплавлення електродною стрічкою під шаром флюсу наведено в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 Режими наплавлення під флюсом електродною стрічкою

Розмір стрічки	Матеріал стрічки	Режим наплавлення			
		Сила струму, А	Швидкість подачі, м/г	Напруга на дузі, В	Швидкість наплавлення, /
0.5x30	08кп	500...550	50.0	32...34	6...10
0.5x40	08кп	600...650	43.8	32...34	8...12
0.5x40	08кп	950...1000	75.0	32...36	10...15
0.5x50	08кп	700...750	43.8	32...34	8...12
0.5x50	08кп	950...1000	57.2	32...36	10...15
0.5x70	08кп	800...850	32.2	32...34	8...12
0.5x70	08кп	1200...1300	50.0	32...36	10...12
0.5x100	1Х18Н9Т	900...950	50.0	32...34	8...12
0.6x65	1Х18Н9Т	500...550	43.0	30...32	8...10
1.0x50	Бр.АМц 9-4	650...700	64.0	35...38	8...10
0.8x100	М-1	1200...1330	60.0	30...32	10...12

Таблиця 4.4 Властивості металу, наплавленого порошковими дротами і стрічками під флюсом (ПФ) або відкритою дугою (ВД)

Марка дроту або стрічки	Тип наплавленого металу	Спосіб наплавлення	Твердість, НКС після	
			Наплавки	Наклепа
1	2	3	4	5
ПП-3Х2В8	3Х2В8	ПФ	44...52	—
ПП-25Х5ФМС	25Х5ФМС	ПФ	40...46	—
ПП-АН120	20Х2Г2М	ПФ	350...400 НВ	—
ПП-АНЮ3	У20Х12	ПФ	40...44	48...56
ПП-АН104	У20Х12ВФ	ПФ	40...44	48...56
ПП-АН138	08Х15Н2	ПФ	28...34	—
ПП-АН105	Г13Н4	ВД	20...25	40...45
ПП-АН106	1Х14Т	ВД	42...48	—
ПП-АН121	20ХГТ	ВД	280...350 НВ	—
ПП-АН122	30Х5Г2М	ВД	50...56	—
ПП-АН124	250Х17Т	ВД	42...48	50...56
ПП-АН125	200Х15СТР	ВД	50...58	—
ПП-АН130	25Х5НФ	ВД	40...46	—
ПП-АН170	70Х2Р3Т	ВД	60..65	—
ПП-АН138	08Х15Н2	ПФ,ВД	220..250	—
ПЛ-АН101	300Х25Н3С5	ПФ,ВД	50..55	—
ПЛ-АН102	—	ПФ,ВД	52..56	—
ПЛ-АН1И	$Cr_2C_3$ - Ni	ПФ,ВД	48..55	—

Таблиця 4.5 Флюси для механізованого наплавлення

Тип наплавленого металу	Рекомендовані флюси
А, В (нелеговані або низьколеговані)	АН-348А, ОСЦ-45, АН-60, АН-8
Д (аустенітні хромонікелеві сталі)	АН-26,48-ОФ-6. 48-ОФ-10
Е (хромисті сталі)	АН-20, АН-26, АН-70
Н (хромовольфрамкові теплостійкі сталі)	АН-70, 48-ОФ-6, АН-20
Д (високохромисті спеціальні чавуни)	АН-70,48-ОФ-6, АН-20

Наплавлення в середовищі вуглецевого газу має наступні переваги: при наплавленні відсутні шкідливі виділення та шлакові кірки; відкрита дуга дає можливість спостерігати і корегувати процес, проводити наплавлення при

довільному просторовому положенні площини, яка наплавляється та ін. Відомості про режими наплавлення деталей малого діаметру наведено в табл. 4.6.

Таблиця 4.6 Режими наплавлення деталей малих діаметрів

Діаметр деталі, мм	Товщина наплавленого шару, мм	Діаметр дроту, мм	Струм, А	Напруга на дузі, В	Швидкість подачі, м/г	Колова швидкість наплавлення, м/г	Зміщення електроду з zenіту, мм	Виліт електроду, мм	Крок наплавлення, мм
10	0.8	0.8	75	17-18	175	40-45	3.0	8	2.5-3.0
15	0.8	0.8	80	17-18	190	40-45	3.0	8	3.0
20	0.8-1.0	0.8	95	18-19	250	40-45	3.0-5.0	8	3.0
25	0.8-1.0	0.8	90	18-19	235	40	3.0-5.0	8	3.0
30	1.0	0.8	85	18-19	200	35-40	5.0	8	3.0
30	1.0	1.0	95	19-20	150	35-40	5.0-8.0	10	3.0-3.5
40	1.0	0.8	85-90	19-20	200-235	30-35	8.0	8	3.0-3.5
40	1.0-1.2	1.0	95-105	19-20	150-175	30-35	8.0-10.0	10	3.5

Для наплавлення застосовують електродний дріт Св-12ГС, Св-08ГС, Св-08Г2С, Св-12Х13, Св-06Х19Н9Т, Св-18ХМА, Нп-30ХГСА. Наплавлення в середовищі вуглецевого газу виконують постійним струмом зворотної полярності. Тип і марку електрода вибирають в залежності від матеріалу деталі і потрібних фізико-механічних властивостей наплавленого метала (див. Табл. 4.2).

Вібродугове наплавлення застосовують у випадках коли процес проведення більш продуктивних способів наплавлення ускладнений. Вібродугове наплавлення виконують для деталей малих діаметрів (до 40 мм), термооброблених деталей, а також при наплавленні тонких шарів металу. При використанні способу вібродугового наплавлення застосовують матеріали, наведені в табл. 4.7.

Таблиця 4.7 Матеріали для вібродугового наплавлення

Матеріал	Твердість після наплавлення
Св-08	180...350 HV
Ст20	220...370 HV
Ст40	12...45 HRC
Ст60	20...60 HRC
30ХГСА	15...50 HRC

Таблиця 4.8 Режими вібродугового наплавлення сталі Ст60 дротом 02мм

Подача, м/г	Струм, А	Напруга, В Г-	Амплітуда коливань електрода діаметром (і, мм
58	130	10...22	(0,75...1,0) d
72	180	10...22	(0,75...1,0) d
83	210	10...22	(0,75... 1,0) d



## 6 ЗАВДАННЯ НА КУРСОВУ РОБОТУ

Основні вихідні дані завдання (геометрична форма, розміри та маса виробу) наведені по варіантам в табл. 6.1 і додатку Б. Масагабаритні параметри виробу доповнюють у завданні відомостями про матеріал виробу, товщину поверхневого шару та умовами спрацьовування. Треба враховувати, що установка має забезпечувати можливість виконання як лінійних, так і кільцевих валиків (для виробів, які мають форму тіл обертання).

Вважається що виріб виконано з листа металу однієї товщини. Інші дані, необхідні для розрахунків пристроїв установки, вибирають на основі рекомендацій в розд. 3

Таблиця 6.1 Основні вихідні дані завдання

№	Маса G, кг	Діаметри, м		Дов- жина L, м	Висот а h, м	Ширин а b, м	Товщина поверхнево- го шару, мм	Умови спрацьо- вування	№ ескізу виробу	Матеріал основи
		D	D1							
01	500	2,0	-	4,0	-	-	5	Аб	1	3
02	300	1,0	-	1,0	-	-	2	Аб.У	1	10
03	500	1,0	-	1,5	-	-	10	Аб.У	1	15
04	300	1,0	-	3,0	-	-	5	Аб	1	25
05	1000	3,0	2,5	4,0	-	-	10	Аб.У	2	30
06	800	2,0	1,5	3,0	-	-	5	Гд.Аб	2	35
07	500	3,0	2,5	5,0	-	-	3	К.Ер	2	40
08	300	2,0	1,5	2,0	-	-	5	Гз.Аб	2	45
09	50	0,5	-	1,0	-	-	3	Кор.	1	09Г2
10	100	0,5	-	2,0	-	-	5	Кор.	1	14Г2
11	30	0,3	-	1,0	-	-	3	Кор.	1	12ГС
12	30	0,3	-	1,0	-	-	2	П.Т.	1	16ГС
13	50	0,5	-	2,0	-	-	3	П.Т.	1	09Г2С
14	100	0,5	-	3,0	-	-	3	Гд.Аб.	1	35ГС
15	200	-	-	3,0	0,5	0,05	5	Т.Вт	3	25Г2С
16	300	-	-	4,0	0,7	0,10	5	Аб.У	3	15Г
17	400	-	-	5,0	1,0	0,15	3	Аб	3	20Г
18	200	-	-	2,0	0,3	1,00	5	Аб.У	4	30Г
19	300	-	-	3,0	0,4	1,50	8	Аб	4	35Г
20	400	-	-	4,0	0,5	1,70	10	Аб.У	4	45Г

Примітка: Аб. - абразивне зношування; Аб.У. - абразивне зношування з ударними навантаженнями; Гд.Аб. - гідроабразивне зношування; Гз.Аб. — газоабразивне зношування; К.Ер. - кавітаційна ерозія; Т.Вт. - термічна втомленість; П.Т. - підвищені температури ( $T > 500^{\circ}\text{C}$ ); Кор. - корозійне зношування.

### **Перелік посилань**

1. Наплавка (Курс лекцій для спеціалістів сварщиків) / Данильченко Б.В. - Київ: Наук. думка, 1983. - 76 с.
2. Севбо П.И. Конструирование й расчет механического сварочного оборудования. - К.: Наук. думка, 1978. - 400 с.
3. Меликов В.В. Многоэлектродная наплавка. - М.: Машиностроение, 1988. - 144 с.: ил.
4. Теоретические й технологические основы наплавки. Новые процессы механизированной наплавки. Под ред. И.И. Фрумина. К., Изд. ИЗС им. Е.О. Патона АН УССР, 1977. -112с.
5. Самотугин С.С., Лещинский Л.К., Соляник Н.Х. Структура й характер разрушения сварных соединений, наплавленных й упрочненных материалов. — Мариуполь: ПГТУ, 1996. - 179 с.: ил.

## Додаток А Зразок відомості технічного проекту

[illegible]

Додаток Б  
Ескізи виробів

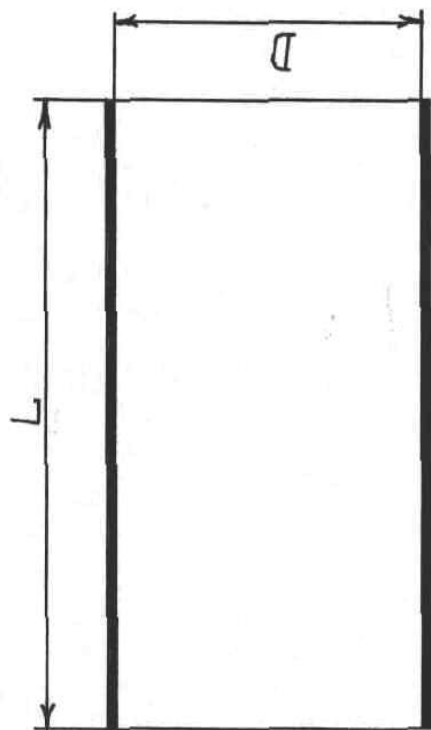


Рис. 1

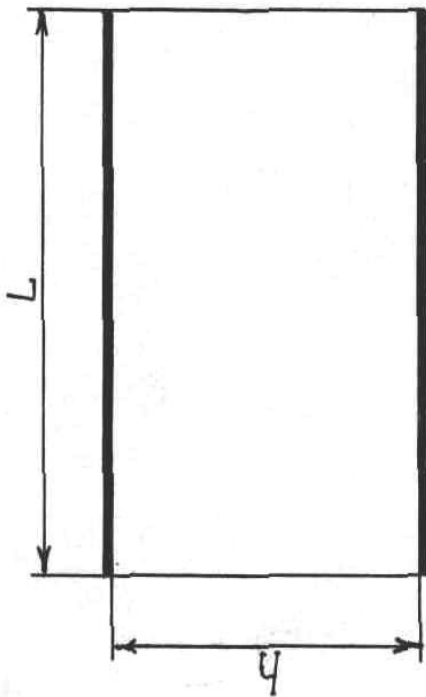


Рис. 3

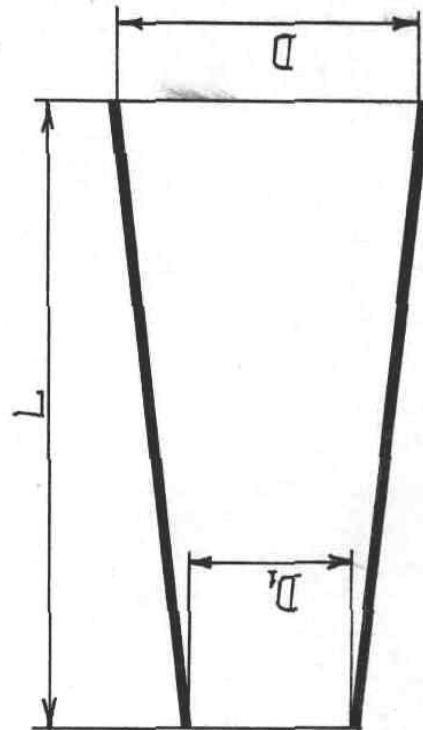
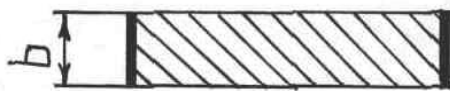


Рис. 2

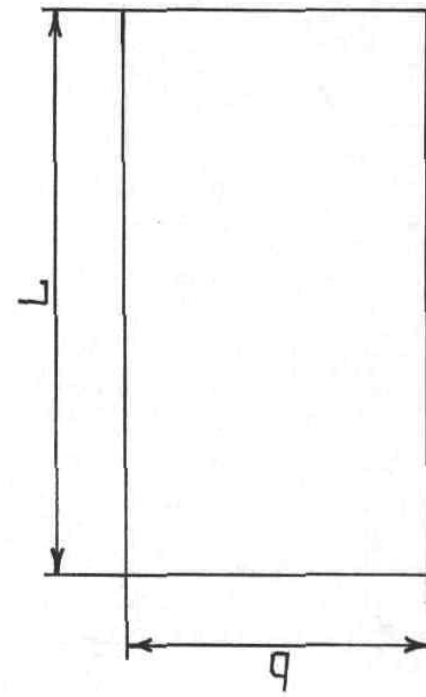


Рис. 3

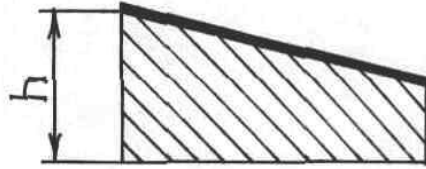
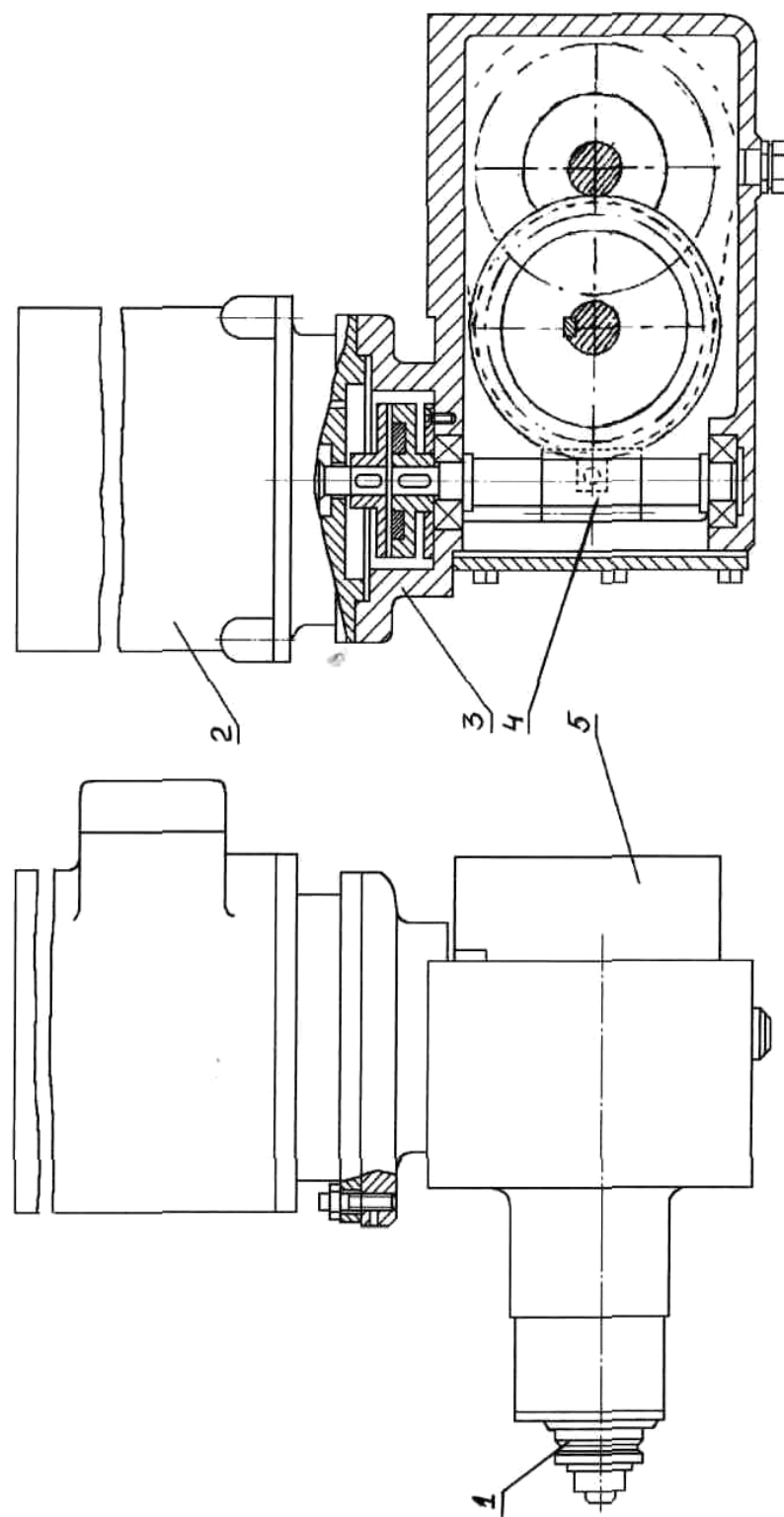


Рис. 4

Додаток В

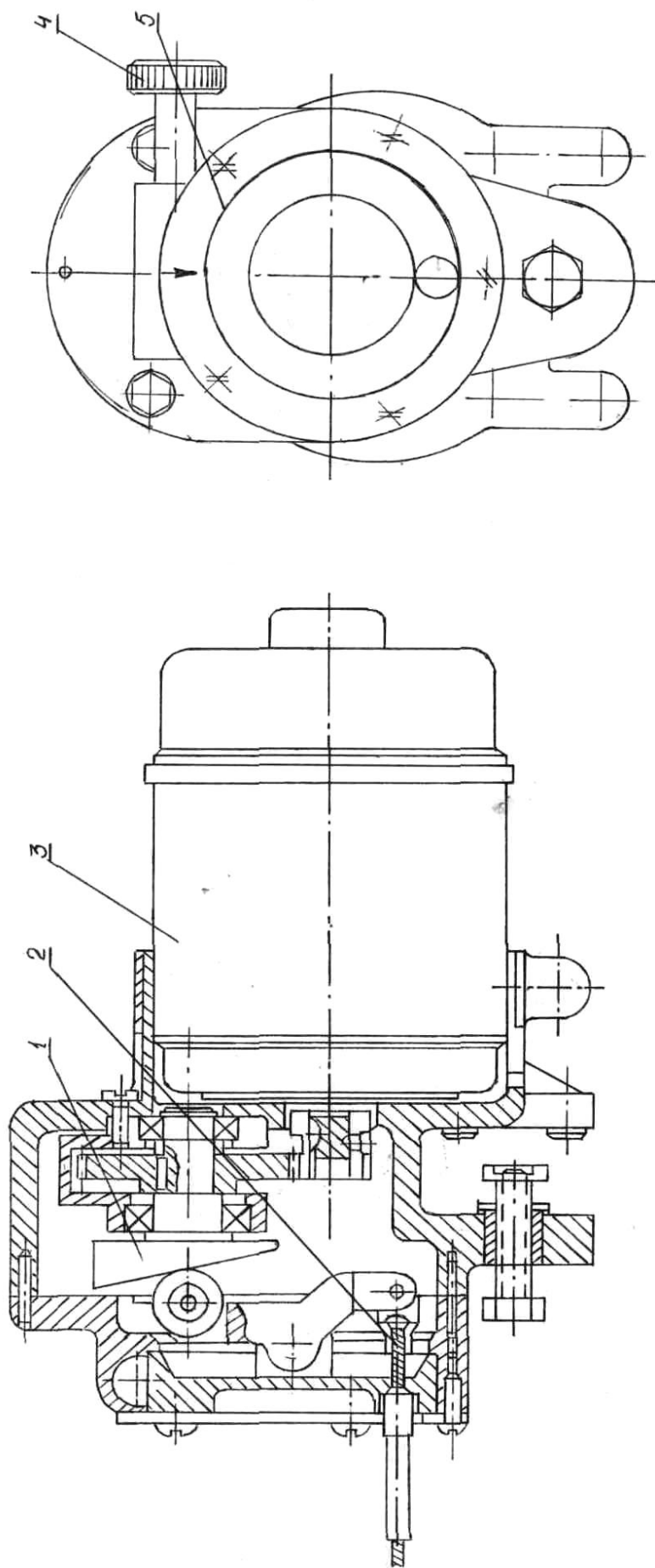
Приклади загальних виглядів апаратів і вузлів для наплавлення

В.1 Механізм подавання дроту А-362



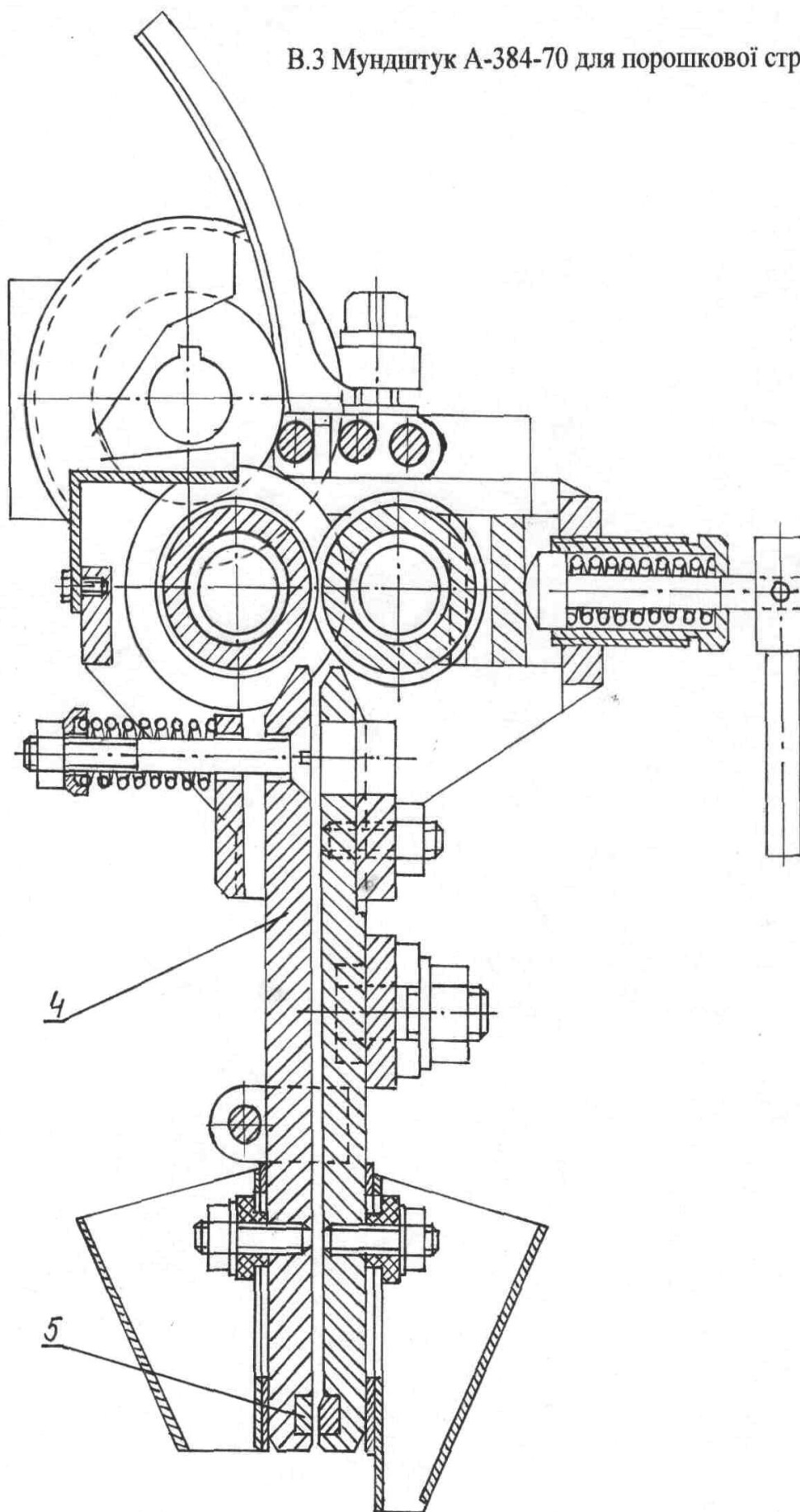
1 – ролик для подавання дроту; 2 – електродвигун; 3 – корпус; 4 – черв'ячна пара; 5 – змінні шестерні.

## В.2 Універсальний вібратор електроду А-931



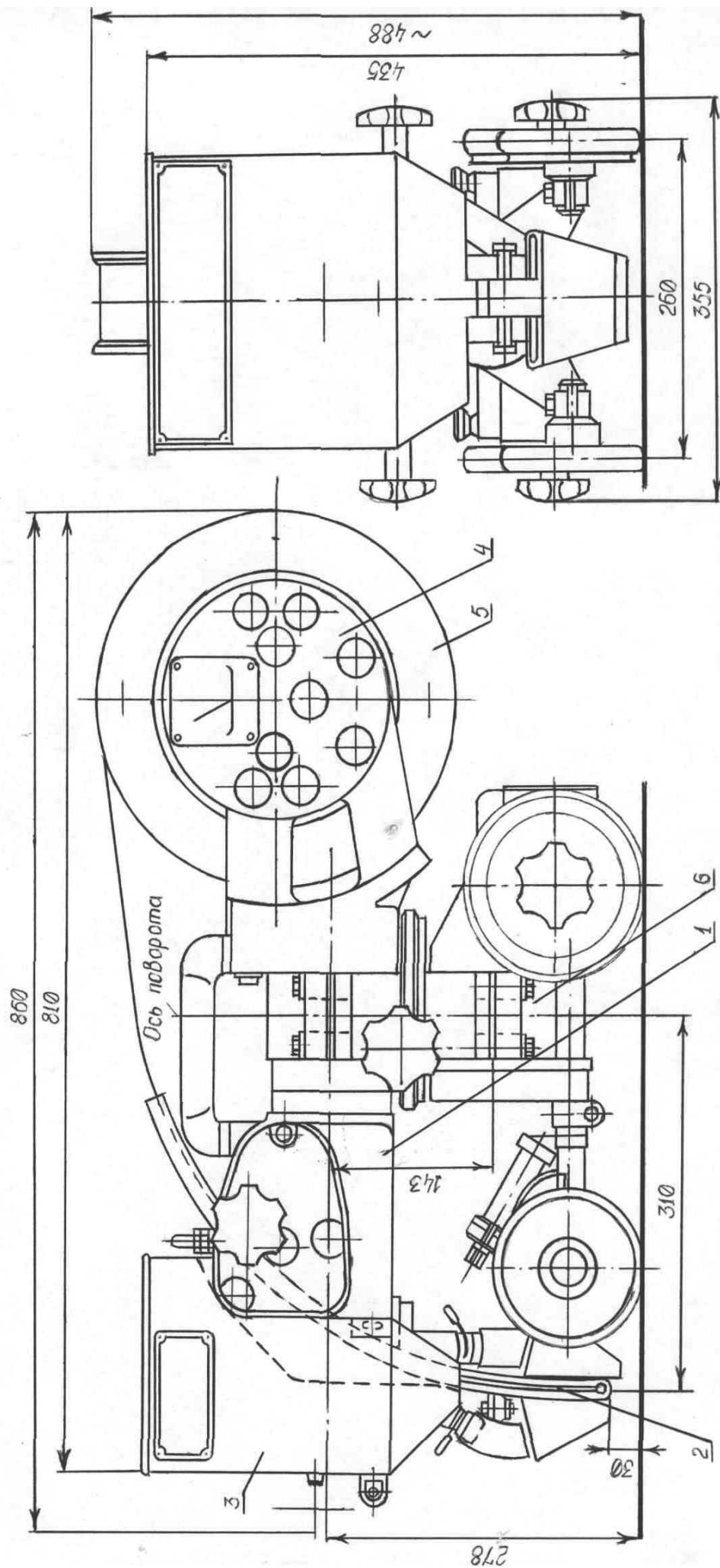
1 – ексцентрик; 2 – трос; 3 – електричний двигун; 4 – ручка регулювання амплітуди коливань; 5 – шкала амплітуди коливань.

В.3 Мундштук А-384-70 для порошкової стрічки.



1 – корпус; 2 – напрямні; 3 – ролик; 4 – контактні пластини; 5 – напрямні планки

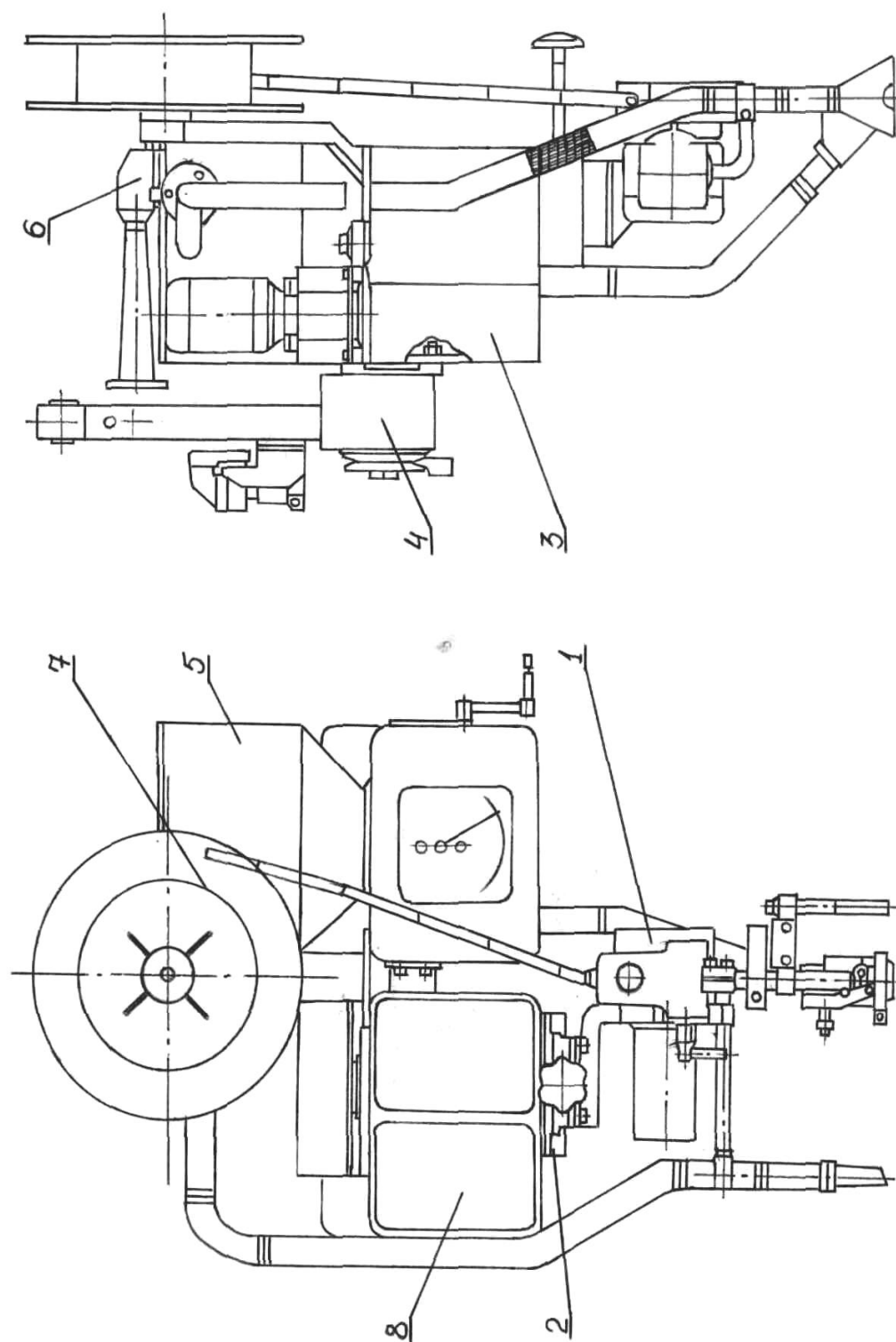
В.4 Трактор ТС-35Н для дугового наплавлення під флюсом



1 – механизм подачи дробу; 2 – мундштук; 3 – бункер для флюса; 4 – пульт управления; 5 – касета; 6 – ходовой вóлок



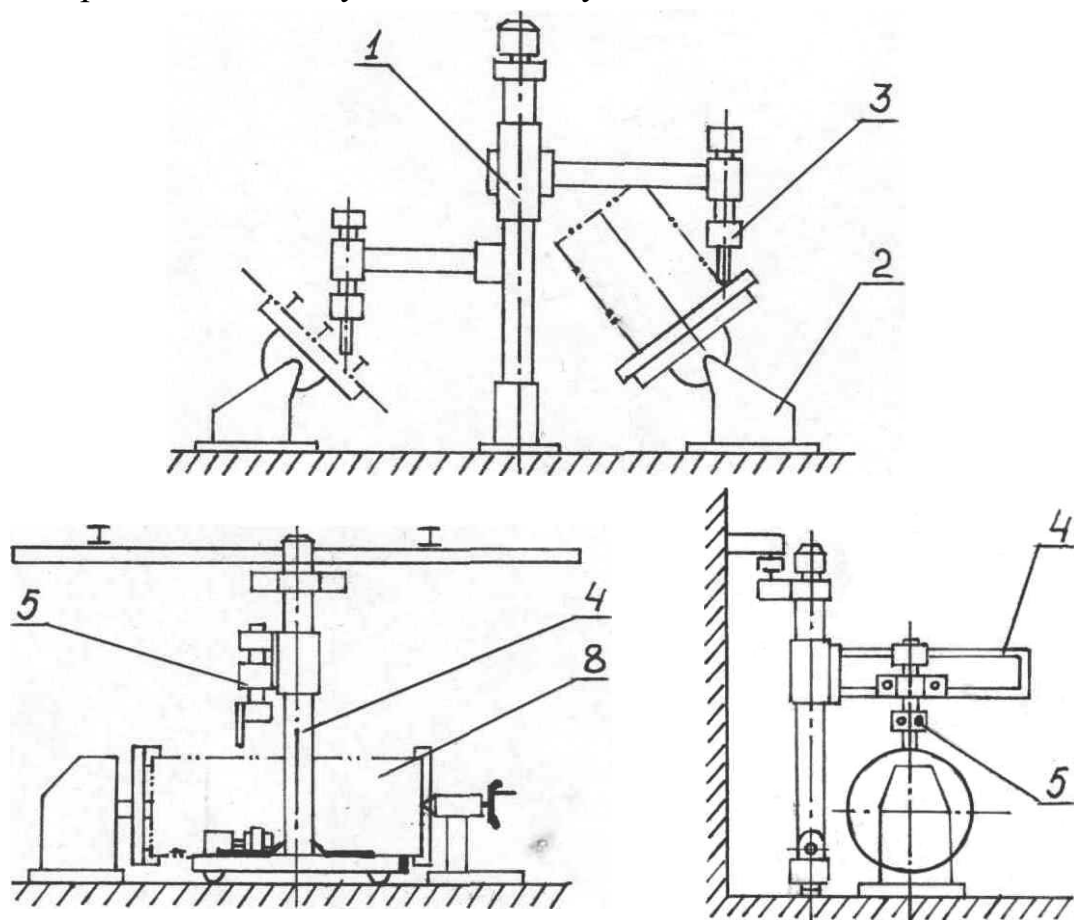
# В.5 Автомат А1401

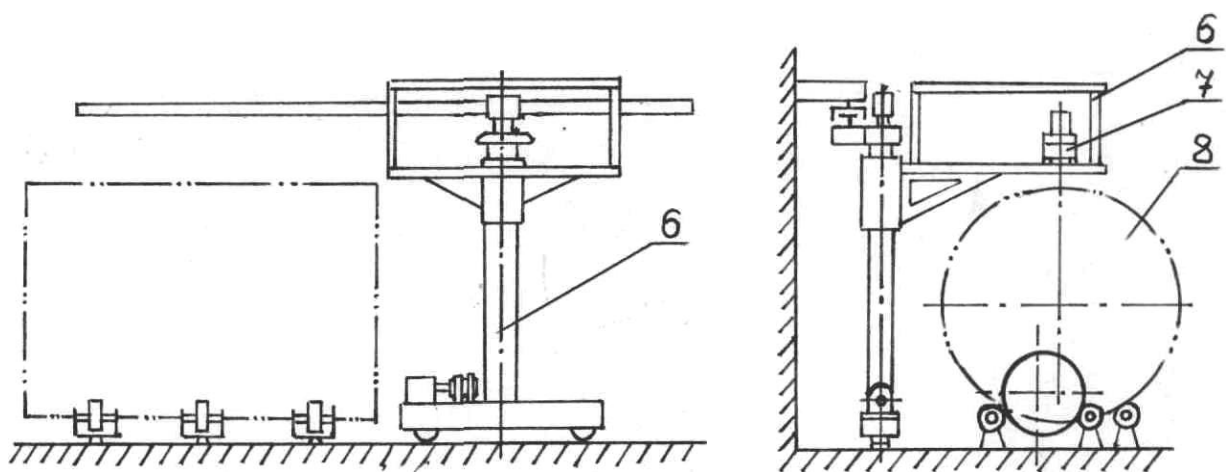


1 – механізм подавання дроту; 2 – супорт; 3 – механізм підйому; 4 – візок; 5 – флюсовий апарат; 6 – бункер; 7 – касета; 8 – пульт керування.

Додаток Г

Приклади компоувальних схем установок для наплавлення





*1 - поворотна колона; 2 - маніпулятор; 3 - зварювальна головка; 4 велосипедний візок; 5 - автомат для наплавлення; 6 - візок; 7 - трактор; 8 виріб.*